

## 明 細 書

### 積層コイル

### 技術分野

- [0001] 本発明は、積層コイル、特に、優れた直流重畳特性を備える開磁路型積層コイルに関する。

### 背景技術

- [0002] 従来から、積層コイルにおいては、磁性体内で磁気飽和が生じて急激にインダクタンス値が低下してしまうことを防ぐため、開磁路型積層コイルが提案されている。特許文献1に記載されているように、開磁路型積層コイルは、磁性体層により形成された積層コイルの内部に非磁性体層を設けている。開磁路型積層コイルの構造では、非磁性体層の部分から磁束が積層コイルの外部へ漏れ、磁性体内で磁気飽和が生じにくくなる。この結果、直流電流によるインダクタンスの低下が小さくなり、直流重畳特性が向上する。
- [0003] しかしながら、特許文献1の開磁路型積層コイルでは、直流重畳特性は優れているものの、インダクタンス特性が悪いという問題があった。すなわち、非磁性体層は磁束の通る位置に形成されているので、磁束が遮られてインダクタンスが小さくなってしまいうのである。所望のインダクタンスを取得するため、コイルの巻数を増やすことによりインダクタンスを大きくすることが考えられるが、コイルの巻数を増やすと直流抵抗が大幅に大きくなってしまふ。

特許文献1:特公平1-35483号

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0004] そこで本発明の目的は、優れた直流重畳特性を有し、インダクタンスの低下を抑え、かつ、直流抵抗を減少させた積層コイルを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

- [0005] 前記問題点を解決するため、本発明に係る積層コイルは、(a)複数の磁性体層を積層した磁性体部が、少なくとも1層の非磁性体層からなる非磁性体部の両主面に

形成された積層体と、(b)前記積層体に形成されたコイル導体を螺旋状に接続したコイルと、を備え、(c)前記積層体に形成されたコイル導体のうち、前記非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および前記非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の少なくとも1つのコイル導体の導体幅が他のコイル導体の導体幅よりも広いことを特徴とする。

[0006] 非磁性体部の内部および非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の少なくとも1つのコイル導体の導体幅を他のコイル導体の導体幅よりも広くすることで、直流抵抗を減少させることができる。また、導体幅の広いコイル導体を非磁性体部の内部および／または両主面に形成することで、コイル導体の導体幅を広くしてもインダクタンスの低下を小さくすることができる。

[0007] すなわち、一般にコイル導体の導体幅を広くすると、導体幅の広いコイル導体にコイルの磁束が遮られ、またコイルの内径が狭くなってコイルの磁束の通る量が少なくなるため、インダクタンスが低下する。しかし、非磁性体部のコイル導体の導体幅を広くしても、もともと非磁性体部によりコイルの磁束が遮られていたので、コイル導体の導体幅を広くすることによってさらに遮られるコイルの磁束は非常に少なくなる。また、コイル導体の導体幅を広くしても、磁束を遮る非磁性体部におけるコイルの内径が小さくなるので、磁束を通す磁性体部のコイルの内径が小さくなるのに比べて磁束の通る量の減少は小さくなる。よって、コイル全体のインダクタンスの低下を小さくすることができるのである。

[0008] 本発明に係る積層コイルは、前記非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および前記非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の導体幅を他のコイル導体の導体幅よりも広くしてもよい。非磁性体部の内部および非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の導体幅を広くすることで、導体幅の広いコイル導体が複数形成され、直流抵抗を大幅に減少させることができる。

[0009] また、本発明に係る積層コイルは、前記導体幅の広いコイル導体の導体幅が、他のコイル導体の導体幅の1.05～2.14倍であることが望ましい。これにより、インダクタンスの低下を極力抑え、かつ、直流抵抗を大幅に減少させた積層コイルを得ることができる。

- [0010] また、本発明に係る積層コイルは、前記積層体の内部に前記非磁性体部が複数形成されていてもよい。非磁性体部を積層体の内部に複数形成することで、非磁性体部から積層コイルの外部へ漏れる磁束の量をさらに増やすことができ、直流重畳特性を向上させることができる。

### 発明の効果

- [0011] このように本発明によれば、非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体のうち少なくとも1つのコイル導体の導体幅が他のコイル導体の導体幅よりも広いので、優れた直流重畳特性を有し、インダクタンスの低下を抑え、かつ、直流抵抗を減少させた積層コイルを得ることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明の実施例1における積層コイルの概略断面図である。  
[図2]本発明の実施例1における積層コイルの分解斜視図である。  
[図3]従来例の積層コイルの概略断面図である。  
[図4]比較例1の積層コイルの概略断面図である。  
[図5]本発明の実施例3における積層コイルの概略断面図である。  
[図6]本発明の実施例4における積層コイルの概略断面図である。  
[図7]本発明の実施例5における積層コイルの概略断面図である。  
[図8]比較例2の積層コイルの概略断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0013] 以下、本発明に係る積層コイルの実施例を図面を参照して説明する。

- [0014] (実施例1)

図1は本発明の実施例1における積層コイルの概略断面図である。積層コイルは、磁性体部1および非磁性体部2からなる積層体9と、積層体9に形成されたコイル導体3、4を螺旋状に接続したコイルLと、外部電極5と、から形成されている。磁性体部1は非磁性体部2の両主面に形成されている。また、磁性体部1は複数の磁性体層から構成されており、非磁性体部2は1層の非磁性体層から構成されている。

- [0015] 図1に示すように、コイル導体4は、非磁性体部2の両主面に形成されており、他の所定の導体幅を有するコイル導体3よりも導体幅が広がっている。コイル導体4の導

体幅が広いことから、積層コイルの直流抵抗は低下する。

[0016] また、導体幅の広いコイル導体4が非磁性体部2の両主面に形成されているので、インダクタンスの低下を小さくすることができる。すなわち、一般にコイル導体の導体幅を広くすると、導体幅の広いコイル導体にコイルの磁束が遮られ、またコイルの内径が狭くなってコイルの磁束の通る量が少なくなるため、インダクタンスが低下する。しかし、実施例1のごとく、非磁性体部2の両主面のコイル導体4の導体幅を広くしても、もともと非磁性体部2によりコイルLの磁束が遮られていたので、コイル導体4の導体幅を広くすることによってさらに遮られるコイルLの磁束は非常に少なくなる。また、コイル導体4の導体幅を広くしても、磁束を遮る非磁性体部2におけるコイルLの内径が小さくなるので、磁束を通す磁性体部1のコイルLの内径が小さくなるのに比べて磁束の通る量の減少は小さくなる。よって、コイルL全体のインダクタンスの低下を非常に小さくすることができるのである。

[0017] 次に、積層コイルの製造方法について、図2に示す積層コイルの分解斜視図を用いて説明する。

[0018] 積層コイルの製造方法においては、はじめに磁性体材料を用いたグリーンシート6および非磁性体材料を用いたグリーンシート7を作製する。なお、積層コイル形成後には、磁性体グリーンシートが磁性体層、非磁性体グリーンシートが非磁性体層となる。

[0019] 本実施例1では、磁性体材料としてNi-Cu-Zn系の材料を使用した。まず、酸化第二鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 48.0mol%、酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ ) 20.0mol%、酸化ニッケル( $\text{NiO}$ ) 23.0mol%、酸化銅( $\text{CuO}$ ) 9.0mol%の比率の材料を原料とし、ボールミルを用いて湿式調合を行う。得られた混合物を乾燥してから粉砕し、その粉末を750℃で1時間仮焼する。この粉末にバインダー樹脂と可塑剤、湿潤剤、分散剤を加えてボールミルで混合を行い、その後脱泡を行ってスラリーを得る。そして、このスラリーを剥離性のフィルム上に塗布し、乾燥させることにより、所望の膜厚の磁性体グリーンシート6を作製する。

[0020] また、非磁性体材料としてCu-Zn系の材料を使用した。酸化第二鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 48.0mol%、酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ ) 43.0mol%、酸化銅( $\text{CuO}$ ) 9.0mol%の比率を原料と

し、前記磁性体と同様の方法によって非磁性体グリーンシート7を作製する。なお、各グリーンシートの比透磁率は、磁性体グリーンシート6が130、非磁性体グリーンシート7が1である。

[0021] 次に、以上のようにして得られた各グリーンシート6, 7を所定の寸法に裁断し、各グリーンシート6, 7の積層後に螺旋状のコイルLが形成されるように、所定の位置にレーザなどの方法で貫通孔を形成する。そして、磁性体グリーンシート6aおよび非磁性体グリーンシート7上に銀または銀合金を主成分とする導体ペーストをスクリーン印刷などの方法で塗布することによりコイル導体3, 4を形成する。なお、コイル導体3, 4の形成と同時に貫通孔の内部に導電ペーストを充填することにより、容易に接続用ビアホール導体8を形成することができる。

[0022] ここで、非磁性体グリーンシート7の両主面に位置するように、幅の広いコイル導体4を形成する。本実施例1では、幅の広いコイル導体4は、焼成後に $550\mu\text{m}$ 、その他のコイル導体3の導体幅は $350\mu\text{m}$ となるように形成した。幅の広いコイル導体4を非磁性体グリーンシート7の両主面に形成することで、インダクタンスの低下を抑え、かつ、直流抵抗の減少した積層コイルを得ることができる。

[0023] そして、非磁性体グリーンシート7の両主面に、コイル導体3を形成した磁性体グリーンシート6aを積層し、上下にコイル導体を形成していない外層用の磁性体グリーンシート6bを配置することにより、積層体を形成する。このとき、非磁性体グリーンシート7が、螺旋状のコイルLの軸心方向の略中央に位置するように積層することで、積層コイルの外部へ漏れる磁束が多くなり、直流重畳特性を向上させることができる。

[0024] その後、積層体を $45^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0\text{t}/\text{cm}^2$ の圧力で圧着し、ダイサーやギロチンカットにより $3.2\times 2.5\times 0.8\text{mm}$ の寸法に裁断することで積層コイルの未焼成体を得る。そして、この未焼成体の脱バインダーおよび本焼成を行う。脱バインダーは低酸素雰囲気中において $500^{\circ}\text{C}$ で2時間加熱し、本焼成は大気雰囲気中において $890^{\circ}\text{C}$ で150分で焼成する。最後に、引出し電極が露出する端面に浸漬法などにより主成分が銀である電極ペーストを塗布し、 $100^{\circ}\text{C}$ で10分乾燥した後、 $780^{\circ}\text{C}$ にて150分間を焼き付け処理する。これにより、実施例1の積層コイルを得ることができる。

[0025] [表1]

(表1)

	Rdc(mΩ)	インダクタンス(μH)
従来例	185	2.00
実施例1	166	1.91
比較例1	150	1.56

[0026] 表1は、前記により得られた実施例1の積層コイルの効果を確認するために行った試験結果を示す。従来例は図3に示すように磁性体部11および非磁性体部12に形成されたコイル導体13の導体幅がすべて350 μmである積層コイルである。また、比較例は図4に示すように、磁性体部21および非磁性体部22に形成されたコイル導体24の導体幅がすべて広く、550 μmである積層コイルである。なお、すべての積層コイルにおいて、螺旋状コイルLの巻き回数は5.5ターンであり、積層コイルのサイズは3.2mm×2.5mm×2.5mmである。

[0027] 表1より、実施例1の積層コイルは直流抵抗が減少し、インダクタンスの低下が小さいことがわかる。すなわち、従来例の直流抵抗は185mΩであるのに対し、実施例1の直流抵抗は166mΩであり、直流抵抗が10%減少している。一方、従来例のインダクタンスは2.0 μHであるのに対し、実施例1のインダクタンスは1.91 μHであり、4.5%しか減少していない。これに対して、すべてのコイル導体の導体幅を広くした比較例では、直流抵抗が150mΩと18%減少しているものの、インダクタンスが1.56 μHであり低下が22%と大きい。このように、実施例1においてコイル導体4の導体幅を広くして直流抵抗を減少させながらも、コイル導体4の導体幅を広くすることによるインダクタンスの低下を抑制することができたのは、導体幅の広いコイル導体4を磁束を遮る非磁性体部2の両主面に形成したことによる。

[0028] [表2]

(表2)

	非磁性体両主面に位置する コイル導体の導体幅	導体幅比	Rdc(m $\Omega$ )	インダクタンス( $\mu$ H)
従来例	350 $\mu$ m	1.00	185	2.00
試料1	357 $\mu$ m	1.02	184	2.00
試料2	368 $\mu$ m	1.05	183	1.99
試料3	450 $\mu$ m	1.29	176	1.96
試料4	550 $\mu$ m	1.57	166	1.91
試料5	650 $\mu$ m	1.86	157	1.86
試料6	750 $\mu$ m	2.14	147	1.79
試料7	850 $\mu$ m	2.43	138	1.71

[0029] 次に、表2には、非磁性体部2の両主面に形成したコイル導体4の導体幅を変化させた試料1～7の評価結果を示す。試料1～7では、非磁性体部2の両主面に形成されたコイル導体4の導体幅を357、368、450、550、650、750、850  $\mu$ mと異ならせて試作した。なお、従来例は図3に示した導体幅がすべて同じ(350  $\mu$ m)である積層コイルである。

[0030] 試料2～6では、直流抵抗が減少し、インダクタンス値も好ましい。一方、試料1(導

体幅比1.02)では、直流抵抗の低下率が1%未満と非常に小さかった。また、試料7(導体幅比2.43)では、従来例と比較したインダクタンス値の減少率が14.5%と大きく減少してしまった。

[0031] (実施例2)

本発明の実施例2における積層コイルの構成は、図1に示した実施例1における積層コイルの構成と同じであるが、本実施例2においては、非磁性体部2の両主面に位置するコイル導体4の導体幅を750  $\mu\text{m}$ とし、非磁性体部2の両主面に位置していないコイル導体3の導体幅3を350  $\mu\text{m}$ とした。なお、以下の表3に示す従来例は図3に示すように磁性体部11および非磁性体部12に形成されたコイル導体13の導体幅がすべて350  $\mu\text{m}$ である積層コイルである。また、比較例2は、図8に示すように、非磁性体部32の両主面に形成されていない(磁性体部31の内部に形成された)コイル導体34の導体幅が他のコイル導体33よりも広い積層コイルであり、導体幅の広いコイル導体34の導体幅は750  $\mu\text{m}$ で、他のコイル導体33の導体幅は350  $\mu\text{m}$ である。

[0032] [表3]

(表3)

	Rdc(m $\Omega$ )	インダクタンス( $\mu\text{H}$ )
従来例	185	2.00
実施例2	147	1.79
比較例2	147	1.53

[0033] 表3に示すように、実施例2の積層コイルは非磁性体部2の両主面に位置するコイル導体4の導体幅を広くしているので、従来例と比較して直流抵抗が減少している。そして、比較例2の積層コイルにおいても、実施例2の積層コイルと同じターン数分のコイル導体34の導体幅を広くしているので、従来例と比較して直流抵抗が低下している。しかし、実施例2の積層コイルのインダクタンスは1.79  $\mu\text{H}$ であり、従来例と比較して10%程度しか減少していないのに対して、比較例2の積層コイルのインダクタンスは1.53  $\mu\text{H}$ であり、従来例と比較して23%程度減少している。このように、実施例2の積層コイルがインダクタンスの低下を抑制することができたのは、導体幅の広いコイル導体4を、磁束を遮る非磁性体部2の両主面に形成したことによる。



[0034] (実施例3)

図5に本発明の実施例3における積層コイルの概略断面図を示す。なお、図5においては、図1と共通あるいは対応する部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0035] 本実施例3の積層コイルにおいて、コイル導体4は非磁性体部2の内部に形成されており、コイル導体4の導体幅は他のコイル導体3の導体幅よりも広い。なお、本実施例3の積層コイルも実施例1と同様に、コイル導体を形成したグリーンシートを積層、圧着し、各チップに裁断した後、外部電極を形成する方法により作製している。

[0036] 導体幅の広いコイル導体4を形成することで、直流抵抗を低減することができる。また、導体幅の広いコイル導体4を非磁性体部2の内部に形成することで、インダクタンスの低下を小さくすることができる。

[0037] (実施例4)

図6に本発明の実施例4における積層コイルの概略断面図を示す。なお、図6においては、図1と共通あるいは対応する部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0038] 本実施例4の積層コイルにおいて、コイル導体4は非磁性体部2の内部および非磁性体部2の両主面に形成されており、コイル導体4の導体幅は他のコイル導体3の導体幅よりも広い。

[0039] 導体幅の広いコイル導体4を形成することで、直流抵抗を低減することができる。特に、本実施例4では導体幅の広いコイル導体4を3層にわたって形成しているので、大幅に直流抵抗を低減することができる。また、導体幅の広いコイル導体4を非磁性体部2の内部および非磁性体部2の両主面に形成することで、インダクタンスの低下を小さくすることができる。

[0040] (実施例5)

図7に本発明の実施例5における積層コイルの概略断面図を示す。なお、図7においては、図1と共通あるいは対応する部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0041] 本実施例5の積層コイルにおいて、積層体9の内部には2つの非磁性体部2が形成

されている。そして、コイル導体4は非磁性体部2の両主面に形成されており、コイル導体4の導体幅は他のコイル導体3の導体幅よりも広い。

- [0042] 積層体9の内部に2つの非磁性体部2が形成されているので、積層コイルの外部へ漏れる磁束の量を増やすことができ、直流重量特性を向上させることができる。また、幅の広いコイル導体4を形成することで、直流抵抗を低減することができる。特に、本実施例5では導体幅の広いコイル導体4を4層にわたって形成しているので、大幅に直流抵抗を低減することができる。さらに、導体幅の広いコイル導体4を非磁性体2の両主面に形成することで、インダクタンスの低下を小さくすることができる。

- [0043] (他の実施例)

なお、本発明の積層コイルは前記実施例に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。

- [0044] 例えば、非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の片側のコイル導体の導体幅が広くてもよい。また、前記非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および前記非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の少なくとも1つのコイル導体の導体幅は、他の主部分のコイル導体の導体幅より広ければよい。

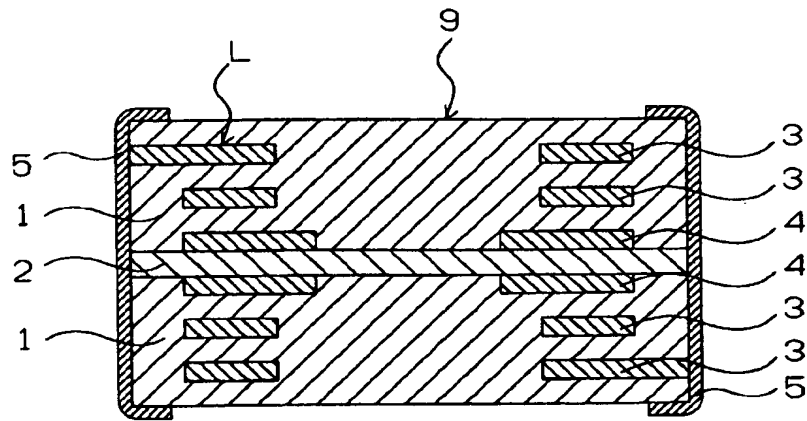
#### 産業上の利用可能性

- [0045] 以上のように、本発明は、開磁路型積層コイルに有用であり、特に、優れた直流重量特性を有し、インダクタンスの低下を抑え、かつ、直流抵抗を減少させることができる点で優れている。

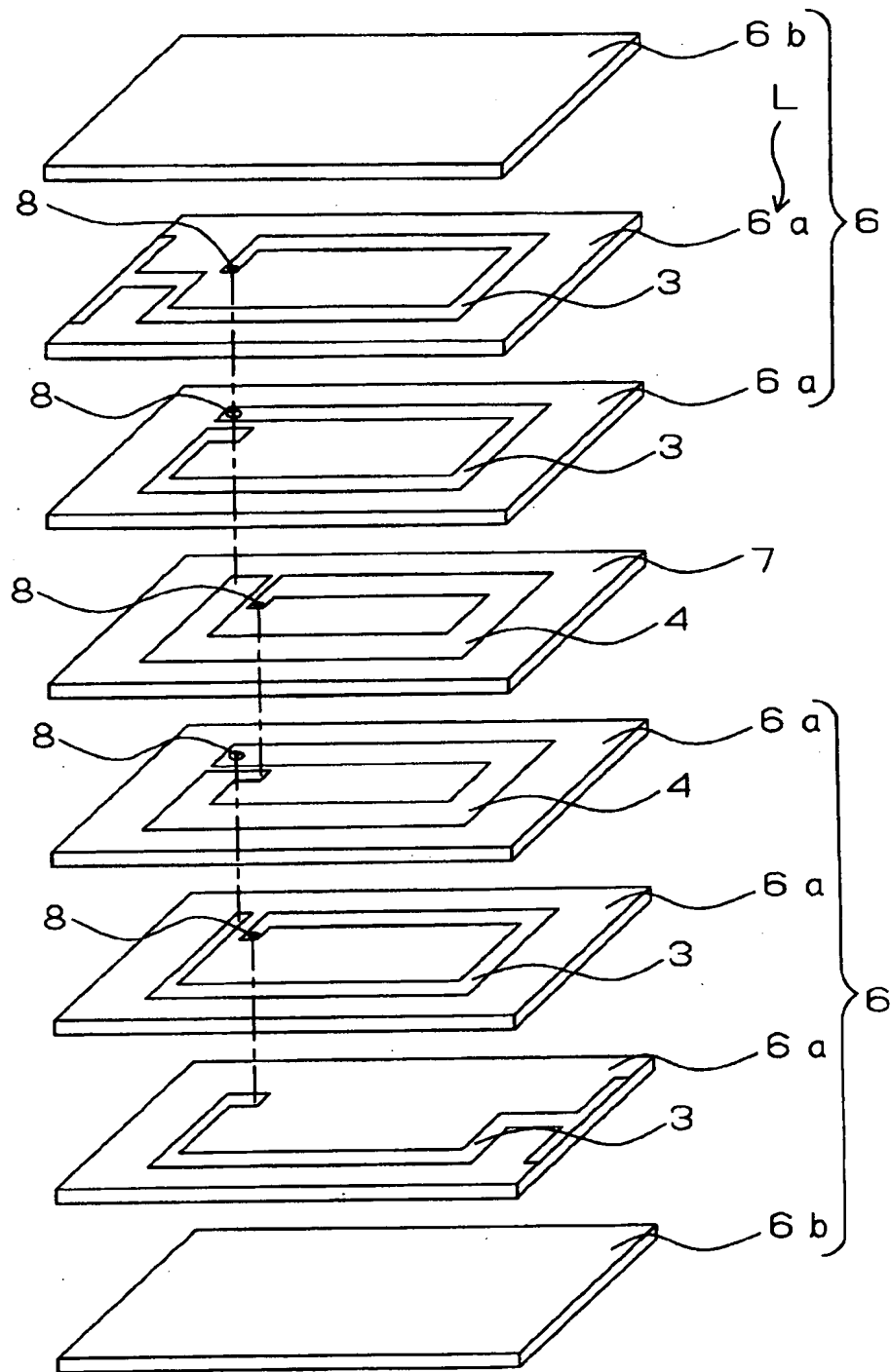
## 請求の範囲

- [1] 複数の磁性体層を積層した磁性体部が、少なくとも1層の非磁性体層からなる非磁性体部の両主面に形成された積層体と、  
前記積層体に形成されたコイル導体を螺旋状に接続したコイルと、を備え、  
前記積層体に形成されたコイル導体のうち、前記非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および前記非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の少なくとも1つのコイル導体の導体幅が他のコイル導体の導体幅よりも広いこと、  
を特徴とする積層コイル。
- [2] 前記非磁性体部の内部に形成されたコイル導体および前記非磁性体部の両主面に形成されたコイル導体の導体幅が他のコイル導体の導体幅よりも広いことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の積層コイル。
- [3] 前記導体幅の広いコイル導体の導体幅は、前記他のコイル導体の導体幅の1.05～2.14倍であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の積層コイル。
- [4] 前記積層体の内部に前記非磁性体部が複数形成されたことを特徴とする請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかに記載の積層コイル。

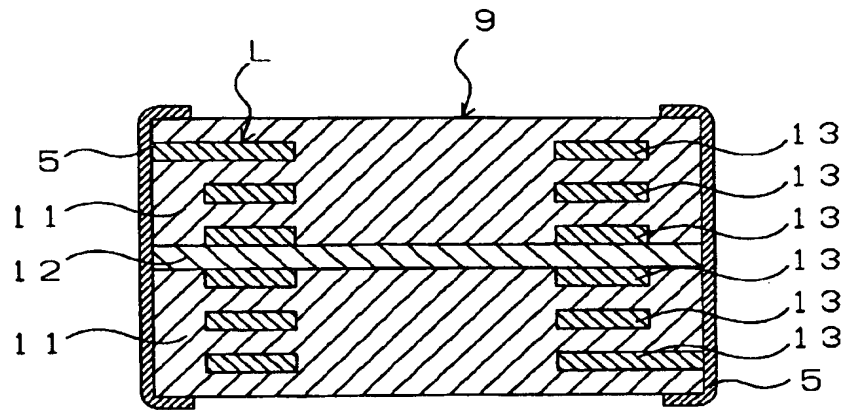
[図1]



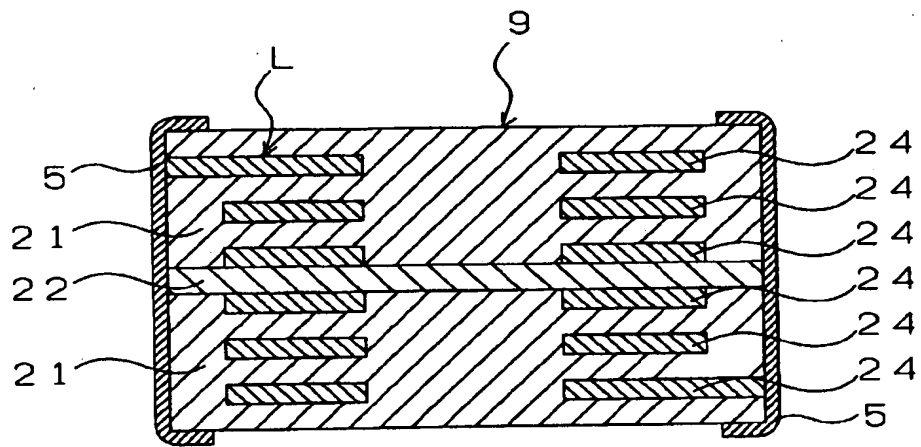
[図2]



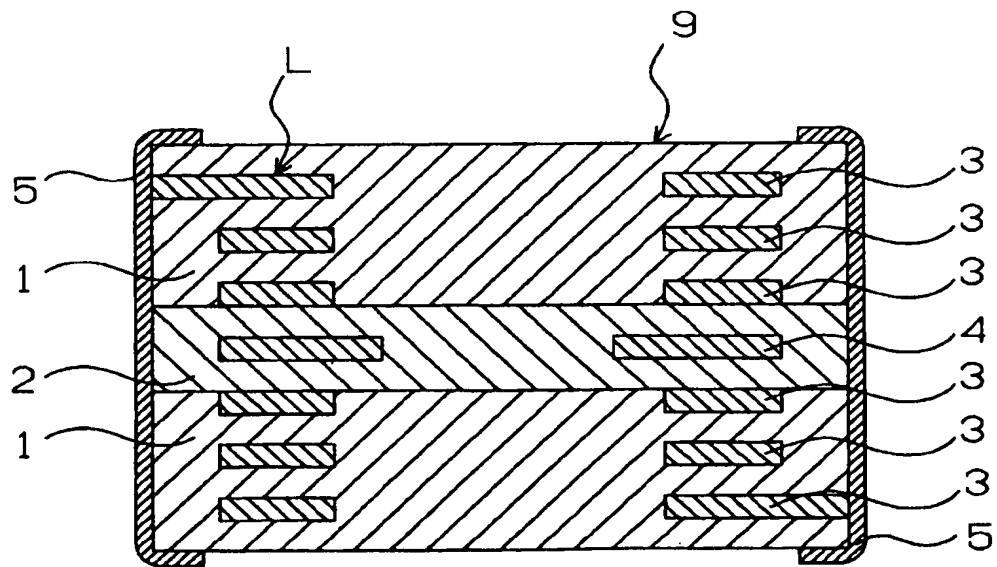
[図3]



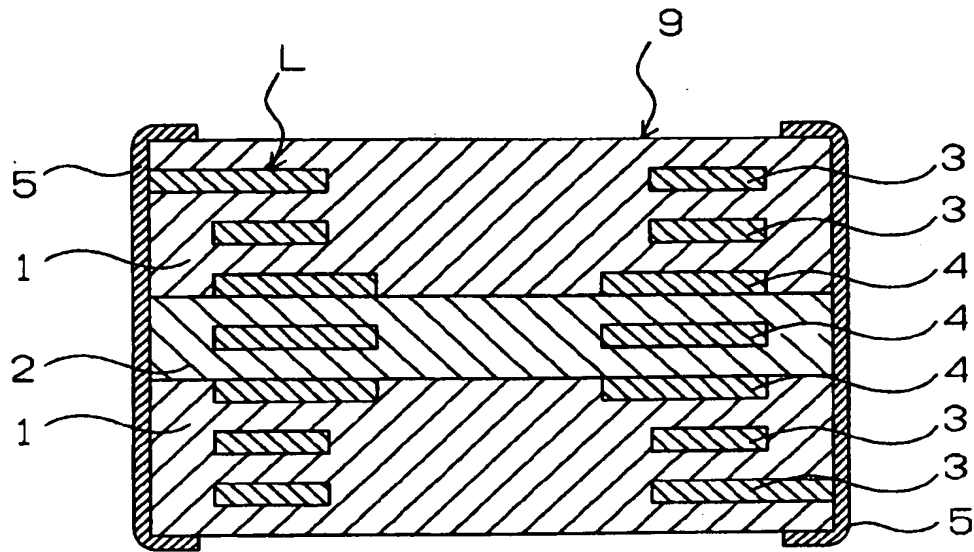
[図4]



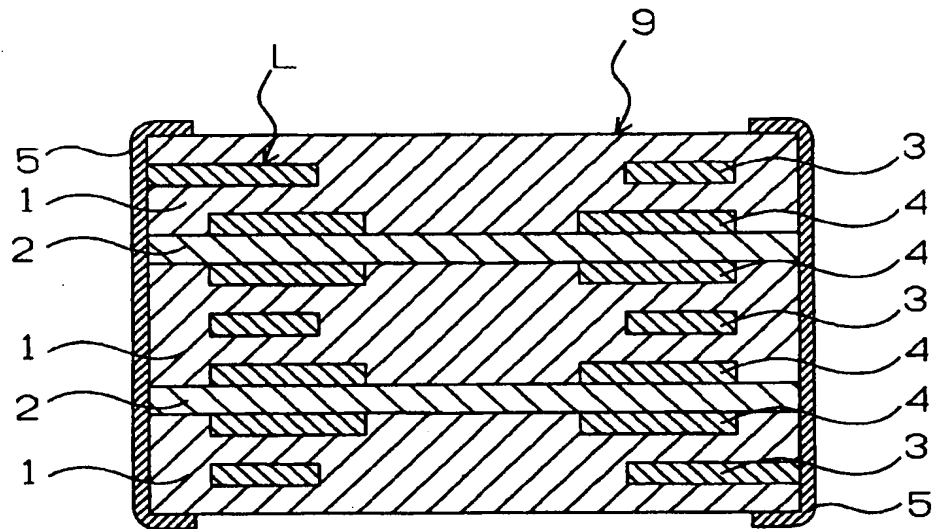
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

